

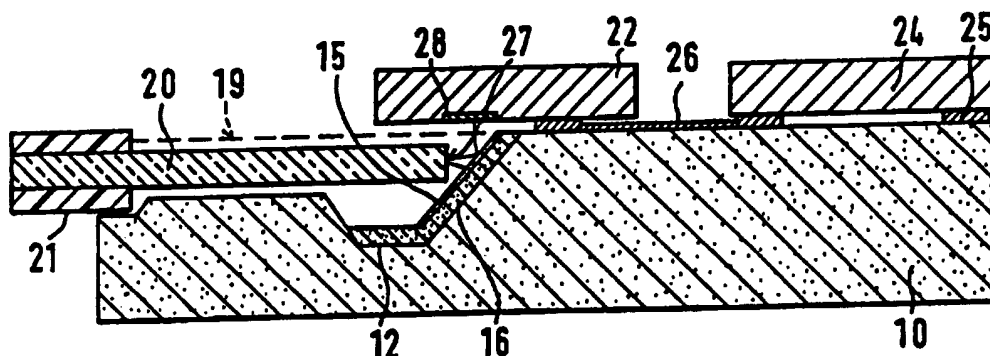
**PCT** WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



|   |   |  |
|---|---|--|
| <p>(51) Internationale Patentklassifikation<sup>6</sup> :<br/> <b>B28B 1/00, G02B 6/42, 6/36, B28B 11/08, B29D 11/00, G03F 7/00</b></p>   | <b>A1</b>   | <p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 96/22177</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>25. Juli 1996 (25.07.96)</b></p> |
| <p>(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/DE96/00026</b></p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: <b>10. Januar 1996 (10.01.96)</b></p> <p>(30) Prioritätsdaten:<br/>         195 01 285.2      18. Januar 1995 (18.01.95)      DE<br/>         195 47 941.6      21. December 1995 (21.12.95)      DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): <b>ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart (DE).</b></p> <p>(72) Erfinder; und<br/>         (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): <b>GRÜNWALD, Werner [DE/DE]; Römerweg 8, D-70839 Gerlingen (DE). BENZ, Gerhard [DE/DE]; Brucknerstrasse 8, D-71032 Böblingen (DE). MAYER, Klaus-Michael [DE/DE]; Steinbeiss Strasse 63, D-70839 Gerlingen (DE). SEIBOLD, Annette [DE/DE]; Drescherstrasse 41, D-71277 Rutesheim (DE).</b></p> | <p>(81) Bestimmungsstaaten: <b>JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</b></p> <p><b>Veröffentlicht</b><br/> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.<br/>         Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p> |  |

(54) Title: **ARRANGEMENT FOR CONVERTING OPTICAL INTO ELECTRICAL SIGNALS AND PROCESS FOR PRODUCING IT**

(54) Bezeichnung: **ANORDNUNG ZUR UMSETZUNG VON OPTISCHEN IN ELEKTRISCHE SIGNALE UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG**



**(57) Abstract**

The proposal is for a process for producing an arrangement for converting optical into electrical signals, consisting of a substrate with structures for guiding an optical fibre and for deflecting light transmitted via the optical fibre. The structures (11, 12, 13) on the substrate (10) are produced by making a casting of the outline of a form tool. The basic material for the substrate is preferably a ceramic. Shaping is achieved by stamping, injection stamping, slip casting, injection moulding or reaction moulding.

**(57) Zusammenfassung**

Vorgeschlagen wird ein Verfahren zur Herstellung einer Anordnung zur Umsetzung von optischen in elektrische Signale, bestehend aus einem Substrat mit Strukturen zur Führung einer Lichtleitfaser sowie zum Umlenken von über die Lichtleitfaser übertragenem Licht. Die Strukturen (11, 12, 13) auf dem Substrat (10) werden durch Herstellen einer Abform von der Kontur eines Formwerkzeuges erzeugt. Als Ausgangsmaterial für das Substrat (10) dient zweckmäßig ein keramisches Grundmaterial. Das Abformen erfolgt durch Prägen, Spritzprägen, Schlickerguß, Spritzgießen oder Reaktionsgießen.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

|    |                                |    |                                   |    |                                |
|----|--------------------------------|----|-----------------------------------|----|--------------------------------|
| AM | Armenien                       | GB | Vereinigtes Königreich            | MX | Mexiko                         |
| AT | Österreich                     | GE | Georgien                          | NE | Niger                          |
| AU | Australien                     | GN | Guinea                            | NL | Niederlande                    |
| BB | Barbados                       | GR | Griechenland                      | NO | Norwegen                       |
| BE | Belgien                        | HU | Ungarn                            | NZ | Neuseeland                     |
| BF | Burkina Faso                   | IE | Irland                            | PL | Polen                          |
| BG | Bulgarien                      | IT | Italien                           | PT | Portugal                       |
| BJ | Benin                          | JP | Japan                             | RO | Rumänien                       |
| BR | Brasilien                      | KE | Kenya                             | RU | Russische Föderation           |
| BY | Belarus                        | KG | Kirgisistan                       | SD | Sudan                          |
| CA | Kanada                         | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | SE | Schweden                       |
| CF | Zentrale Afrikanische Republik | KR | Republik Korea                    | SG | Singapur                       |
| CG | Kongo                          | KZ | Kasachstan                        | SI | Slowenien                      |
| CH | Schweiz                        | LI | Liechtenstein                     | SK | Slowakei                       |
| CI | Côte d'Ivoire                  | LK | Sri Lanka                         | SN | Senegal                        |
| CM | Kamerun                        | LR | Liberia                           | SZ | Swasiland                      |
| CN | China                          | LX | Litauen                           | TD | Tschad                         |
| CS | Tschechoslowakei               | LU | Luxemburg                         | TG | Togo                           |
| CZ | Tschechische Republik          | LV | Lettland                          | TJ | Tadschikistan                  |
| DE | Deutschland                    | MC | Monaco                            | TT | Trinidad und Tobago            |
| DK | Dänemark                       | MD | Republik Moldau                   | UA | Ukraine                        |
| EE | Estland                        | MG | Madagaskar                        | UG | Uganda                         |
| ES | Spanien                        | ML | Mali                              | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| FI | Finnland                       | MN | Mongolei                          | UZ | Usbekistan                     |
| FR | Frankreich                     | MR | Mauretanien                       | VN | Vietnam                        |
| GA | Gabon                          | MW | Malawi                            |    |                                |

5

- 1 -

10

15     Anordnung zur Umsetzung von optischen in elektrische Signale  
          und Verfahren zur Herstellung

Stand der Technik

20     Die Erfindung geht aus von einem Verfahren und einer  
Anordnung nach der Gattung der unabhängigen Ansprüche 1 und  
15. Eine bekannte gattungsgemäße Anordnung (DE-PS 41 06 721)  
basiert auf einem Träger aus Silizium. Auf einer Oberfläche  
weist er mehrere, durch anisotropes Ätzen hergestellte  
25     V-Nuten auf, welche durch abgeschrägte, verspiegelte  
Stirnflächen abgeschlossen sind. Die V-Nuten dienen zur  
Fixierung von Lichtleitfasern, die verspiegelten  
Stirnflächen zur Umlenkung von über die Lichtleitfaser  
übertragenem Licht in eine Richtung senkrecht zur optischen  
30     Achse der Lichtleitfaser. Auf dem Siliziumträger befindet  
sich ein zweiter Träger aus lichtdurchlässigem Material,  
darauf wiederum Wandlerelemente zur Umwandlung von optischen  
in elektrische Signale. Durch den lichtdurchlässigen zweiten  
Träger wird letzteren das an den verspiegelten Stirnflächen  
35     der V-Nuten umgelenkte Licht zugeführt. In ein  
Siliziumsubstrat geätzte V-Nuten, wie sie bei dieser  
bekannten Anordnung verwendet werden, stellen hervorragende  
Faserführungsstrukturen dar. Auch sind die, entsprechend der

Siliziumkristallstruktur unter 54 Grad geneigten  
Stirnflächen an den V-Nutenden, gut als Umlenkspiegel  
nutzbar. Allerdings ist das Ätzen eines solchen Substrates  
ein aufwendiges Herstellungsverfahren, da es einzeln  
5 erfolgen muß. Technisch bedingt ferner die Hochfrequenz der  
am Ausgang der Wandlereinrichtung anliegenden Signale, daß  
die von der Wandlereinrichtung wegführenden Leiterbahnen als  
elektrische Streifenleiter ausgeführt sind. Diese erfordern  
stets eine hinreichend gute elektrische Isolation, indem  
10 etwa zwischen Wandlereinrichtung mit Leiterbahnen und  
Siliziumträger eine dielektrische Schicht, zum Beispiel  
Polymid oder Glas, angeordnet wird. Aus technischen Gründen  
ist es auch wünschenswert, die von der Wandlereinrichtung  
gelieferten Signale auf einem möglichst kurzen Signalweg  
15 einer Signalvorverarbeitung zuzuführen. Sie sollte daher  
möglichst auf demselben Substrat unmittelbar an der  
Wandlereinrichtung plaziert sein. Eine diesen technischen  
Erfordernissen geügende Ausgestaltung des Substrates führt  
allerdings zu einem vergleichsweise großen Platzbedarf für  
20 jede Einzelanordnung, und damit zu einer Herabsetzung der  
möglichen Integrationsdichte der mechanischen  
Führungsstrukturen auf den Substraten. Es können dadurch aus  
einem Siliziumwafer jeweils nur verhältnismäßig wenige  
Einzelanordnungen gefertigt werden, wodurch sich  
25 entsprechend erhöhte Herstellungskosten ergeben.

Aus der DE-PS 43 00 652 ist der Vorschlag bekannt, eine  
integrierte optische Schaltung durch Eingießen eines  
elektrooptischen Halbleiterbauelementes auf einem  
30 Abformwerkzeug herzustellen. Als für das Gießen geeignetes  
Material sind Kunststoffe, insbesondere Polymere, offenbart.

Das Verfahren sieht eine Trennung von Substratherstellung  
und Mikromontage nicht vor. Eine kontrollierte Ausbildung

von elektrischen und optischen Funktionsstrukturen auf der Substratoberfläche ist deshalb nicht möglich.

5 Aus der DE-OS 42 12 208 ist desweiteren der Vorschlag bekannt, Master-Strukturen in Kunststoffe abzuformen, um so eine kostengünstige Massenproduktion von Polymerbauelementen mit selbstjustierender Ankopplung von Faserführungsstrukturen an Lichtwellenbauelemente zu ermöglichen. Maßnahmen zur Ausbildung von elektrischen  
10 Strukturen sieht dieses Verfahren nicht vor.

Aus der DE-OS 43 17 953 ist ferner der Vorschlag entnehmbar, Führungsnuten für Glasfasern in Lichtwellenleiterführungselementen durch Spritzgießen in  
15 Kunststoff unter Verwendung eines Abformteiles herzustellen. Angaben zur Vorbereitung der dabei hergestellten Formteile für eine nachfolgende Montage von elektrischen Bauelementen macht die Schrift nicht. Auch gibt sie keine Hinweise auf für die Lichtwellenleiterführungselemente in Betracht  
20 kommende alternative Materialien.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren für eine wirtschaftlichere Herstellung einer gattungsgemäßen Anordnung sowie eine nach dem Verfahren herstellbare  
25 Anordnung anzugeben.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren bzw. eine Anordnung mit den Merkmalen der Ansprüche 1 bzw. 15. Das vorgeschlagene Herstellungsverfahren basiert auf der an sich  
30 bekannten MIGA-Technik (Mikrostrukturierung-Galvanoformung-Abformung). Erfindungsgemäß wird diese Technik nunmehr auch zur Herstellung von Substraten für elektrooptische Anordnungen aus keramischem Grundmaterial eingesetzt. Auf

solche Keramiksubstrate können elektronische Bauelemente sowie Leiterbahnen und Kontaktbefestigungen direkt aufgebracht werden. Ein besonderer Vorteil von Keramiksubstraten liegt in ihren bekannt guten  
5 Hochfrequenzeigenschaften bei gleichzeitig guter Wärmeleitfähigkeit. Auf einem Keramiksubstrat kann dadurch die gesamte zur Signalumsetzung benötigte Hochfrequenzelektronik für Übertragungsraten von typisch 11 Gigabit pro Sekunde aufgebaut werden. Auf diese Weise lassen  
10 sich leicht komplette Sende/Empfangsbausteine mit einigen Zentimeter Kantenlänge strukturieren.

Dadurch ist eine kostengünstige Massenfertigung von optischen Hochfrequenz-Sende- und Empfangsmodulen möglich.  
15 In vorteilhafter Weise können durch die Abformtechnik aufwendige Spiegelformen, wie zum Beispiel focussierende Parabolspiegel oder ähnliche strahlformende Elemente kostengünstig gefertigt werden. Die Spiegelmetallisierung kann dabei in vorteilhafter Weise in einem Arbeitsschritt  
20 mit der Elektrodenherstellung erfolgen.

Zweckmäßig erfolgt die Abformung durch ein Prägeverfahren. Sollen die auf der Oberfläche des keramischen Substrates angelegten Strukturen besonders glatte Flächen aufweisen,  
25 erfolgt das Prägen vorteilhaft zweistufig. Vor dem zweiten Prägeschritt wird dabei ein glattsinterndes Material in die Mikrostruktur eingefüllt.

Weitere vorteilhafte Weiterbildungen bzw. zweckmäßige  
30 Ausgestaltungen des vorgeschlagenen Verfahrens bzw. der vorgeschlagenen Anordnung ergeben sich aus den Merkmalen der Unteransprüche.

Eine vorteilhafte Variante zur Herstellung besonders glatter Spiegelflächen sieht vor, auf die für den Spiegel vorgesehene Fläche vor dem Prägen lokal eine glattsinternde Glaspaste aufzubringen.

5

Eine weitere vorteilhafte Maßnahme zur Herstellung von Spiegeln mit besonders glatten Oberflächen sowie zur Erzeugung von Spiegeln mit beliebiger Geometrie besteht darin, in der zur Herstellung verwendeten Masterstruktur am Ende der V-Nuten jeweils eine Kaverne vorzusehen. Darin wird mit Hilfe von Konturmateriale die gewünschte Spiegelkontur angelegt. Die Kaverne erleichtert in vorteilhafter Weise zudem eine selektive Beschichtung der Spiegelfläche nach dem Prägen, beispielsweise mit Kunststoffen oder Lacken.

10

15

Neben dem Prägen kann die Herstellung des Keramiksubstrates in gleichermaßen vorteilhafter Weise auch in Gießtechnik, Schlickerguß oder Spritzgießtechnik oder Spritzprägetechnik erfolgen.

20

Eine vorteilhafte Möglichkeit zur Vermeidung des beim Sintern auftretenden Schrumpfes sieht vor, die zu sinternde Keramikform während des Sinterns mit Hilfe eines auf die geprägte Folie aufgesetzten Preßwerkzeuges unter Druck zu setzen. Als Preßwerkzeug kann in einfacher Weise das zum Prägen des keramischen Substrates verwendete Formwerkzeug eingesetzt werden.

25

Zur weiteren Senkung der Herstellungskosten ist es ferner zweckmäßig, die Formwerkzeuge durch Generationenbildung zu vervielfältigen.

30

Eine erfindungsgemäße Anordnung sowie ein erfindungsgemäßes Herstellungsverfahren werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.

35

### Zeichnung

Es zeigen Figur 1 eine vorgeschlagene Signalumsetzanordnung in Draufsicht sowie im Längsschnitt, Figur 2 ein  
5 Flußdiagramm des vorgeschlagenen Herstellungsverfahrens, Figur 3 ein Detail eines Formwerkzeuges, Figur 4 einen Querschnitt durch eine geprägte V-Nut vor und nach dem Sintern, Figur 5 einen Längsschnitt durch eine geprägte Mikrostruktur mit Lichtleitfaser zur Veranschaulichung der  
10 Auswirkungen des Schrumpfens beim Sintern, Figur 6 eine Veranschaulichung der Verwendung eines Preßwerkzeugs beim Sintern, Figur 7 eine Wandleranordnung mit Ellipsoidspiegel.

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

15 Figur 1 zeigt eine Wandleranordnung zur Umsetzung von optischen in elektrische Signale. Grundlage der Anordnung bildet ein keramisches Substrat 10. An seiner Oberseite weist es, verlaufend vom linken Seitenrand in Figur 1 bis  
20 etwa zur Mitte hin, eine Mikrostruktur 11, 12, 13 zur Fixierung einer Lichtleitfaser 20 auf. Die Mikrostruktur setzt sich dabei aus einem Zugabfang 13 zur Fixierung des einer Lichtleitfaser 20 umhüllenden Schutzmantels 21, einer V-Nut zur Führung einer Lichtleitfaser 20 sowie einer  
25 wannenförmigen Kaverne 16 im Bereich der Austrittsöffnung 27 der Lichtleitfaser 20 zusammen. Die der Austrittsöffnung 27 gegenüberliegende, und, bedingt durch die Siliziumkristallstruktur, schräg gegen die optische Achse der Lichtleitfaser 20 ansteigende Seitenwand der Kaverne 12,  
30 sowie, aus fertigungstechnischen Gründen, ein Teil des Bodens der Kaverne 12 sind mit einem Konturmateriale 16, zum Beispiel einer Glaspaste mit besonders glatter Oberfläche, belegt. Auf dessen Oberfläche, soweit sie der Austrittsöffnung 27 gegenüber bzw. im Strahlengang von über  
35 die Lichtleitfaser 20 übertragenem Licht liegt, ist ein



Lichtumlenkelement 15 angeordnet, im Ausführungsbeispiel in Gestalt einer Spiegels. An dem Spiegel 15 wird das über die Lichtleitfaser 20 übertragene Licht in eine zur optischen Achse der Lichtleitfaser 20 geneigte Richtung reflektiert.

5 Vorzugsweise erfolgt die Reflexion in einem Winkel von 90 Grad, der Spiegel 15 hat dann eine Neigung zur optischen Achse der Lichtleitfaser 20 von 45 Grad. Auf der Oberseite 19 des Keramiksubstrates 10 sind eine Empfänger- bzw. eine Sendeeinrichtung 22 sowie eine

10 HF- (Hochfrequenz-) Vorverstärkereinrichtung 24 angeordnet. Beide Elemente 22, 24 sind vorzugsweise in Form von Chips ausgeführt. Sie sind mit dem Keramiksubstrat 10 über Kontaktflächen 29 verbunden, welche gleichzeitig zur Fixierung dienen. Über ebenfalls auf der Oberfläche 19 des

15 Keramiksubstrates 10 aufgebrachte Leiterbahnen 26, welche alle oder teilweise als Streifenleiter ausgeführt sind, sind Sender/Empfänger-Chip 22 und HF-Vorverstärker 24 untereinander verbunden. Weitere, in gleicher Weise direkt auf das Keramiksubstrat 10 aufgebrachte Streifenleiter 26'

20 dienen zur Einbindung der gesamten Wandleranordnung in die umgebende Elektronik. An seiner Unterseite, d.h. an der der Substratoberfläche 19 zugewandten Seite weist der Sender/Empfänger-Chip 22 ein Detektionsfenster 28 auf. Es befindet sich genau über dem Strahlfleck, den über die

25 Lichtleitfaser 20 übertragenes und an dem Spiegel 15 reflektiertes Licht erzeugt. Im Falle einer Empfängereinrichtung ist das Detektionsfenster 28 in der Regel eine Fotodiode, welche über die Lichtleitfaser 20 übertragenes Licht empfängt. Im Falle einer Sendeeinrichtung

30 ist das Fenster 28 beispielsweise eine oberflächenemittierende Laserdiode, welche über den Spiegel 15 Licht in die Lichtleitfaser 20 einspeist. Neben den betriebsrelevanten Strukturen befinden sich auf der Oberfläche 19 des Keramiksubstrates 10 weiterhin noch

35 Justiermarken 18. Sie dienen zur Erleichterung der

Maskenjustierung bei der Metallisierung sowie der Ausrichtung der elektronischen Komponenten 22, 24 relativ zur Führung 11 der Lichtleitfaser 20.

Ein wesentlicher Vorteil der in Figur 1 wiedergegebenen Anordnung besteht in der Verwendung eines keramischen Substrates 10. Dadurch kann eine zusätzliche Isolation der Leiterbahnen 26 und Kontaktflächen 25 von der Oberfläche 19 des Substrates 10 entfallen. Dies wiederum erlaubt es weiterhin, die Schritte Spiegelherstellung und Metallisierung der Leiterbahnen bzw. Kontaktflächen 25 zusammenzufassen.

Figur 2 veranschaulicht anhand eines Flußdiagrammes den Ablauf eines zur Herstellung einer Anordnung nach Figur 1 geeigneten Verfahrens. Es gliedert sich in die Teilprozesse Mikrostrukturierung, Galvanoformung, Abformung, Spiegelherstellung und Metallisierung, sowie Mikromontage.

Der erste Verfahrensteilprozeß dient der Herstellung einer Masterstruktur für die Abformung. Zweckmäßig erfolgt dies durch bekannte Mikrotechniken, beispielsweise in Silizium-Mikromechanik. In einem Siliziumwaver werden dabei in einem ersten Schritt 100 in bekannter Weise, vorzugsweise mittels eines anisotropen Ätzprozesses in heißer KOH-Lösung, V-Nuten 11' eingeätzt, welche später als Führungsstrukturen für die Lichtleitfasern 20 dienen. Ihre Tiefe kann, da sich die Wände der V-Nuten entlang der (111-)Kristallflächen im Silizium stets unter 54,7 Grad Neigung ausbilden, in einfacher Weise durch die Öffnungsbreite der Lithografiemaske bestimmt werden. Die experimentelle Genauigkeit beträgt etwa 1  $\mu\text{m}$ . Beispielsweise ergibt sich für eine Öffnungsweite einer V-Nut von  $w = 241,6 \mu\text{m}$  eine Tiefe von  $t = 170,8 \mu\text{m}$ . Eine in der Nut angeordnete, bündig mit der Oberfläche in dieser Nut abschließende Singlemode-Standardglasfaser müßte einen Radius von  $D = 125 \mu\text{m}$

aufweisen. An der Eintrittsseite der V-Nut in den Siliziumwafer 10' wird anschließend, Schritt 102, eine als Zugabfang dienende Vertiefung 13 eingeätzt. Ihre Maße richten sich nach dem Durchmesser des die Lichtleitfaser 20 umgebenden Schutzmantels 21. Am innerhalb des Siliziumwafers 10' liegenden Ende der V-Nut wird sodann im Schritt 104 eine wannenförmige Kaverne 12' eingeätzt. Ihre Wände verlaufen ebenfalls entlang den (111-)Kristallflächen des Siliziums und sind unter einem Winkel von 54,7 Grad gegen die Oberfläche des Substrates 10 geneigt. Sie sind jedoch, mit Ausnahme der die V-Nut 11' beinhaltenden, vom offenen Ende der V-Nut 11' entsprechend den gewählten Dimensionen der Kaverne 12' räumlich getrennt. Dies erleichtert zu einem späteren Zeitpunkt insbesondere die Metallisierung eines Spiegels 15 auf der dem offenen Ende der V-Nut 11' gegenüberliegenden Kavernenwand ohne Kontamination der Seitenwände der V-Nut 11'. Figur 3 zeigt zur Veranschaulichung des Verfahrensablaufs ein Detail einer Masterstruktur mit V-Nut 11' und Kaverne 12'. In vereinfachter Weise werden die Strukturen für Zugabfang, Faserführung und Spiegel in einem einzigen Maskenprozeß definiert und gemeinsam geätzt.

Ist aus Designgründen ein anderer Neigungswinkel des Spiegels 15 erwünscht, als der durch die (111-)Kristallflächen des Siliziums definierte von 54,7 Grad, kann ein speziell geschnittener Siliziumwafer benutzt werden, dessen Oberfläche in Richtung der Faserführungsnut 11' gegenüber der (III)-Oberfläche geneigt ist. Die Spiegelneigung weicht um den gewünschten Wert von 54° Grad ab. Alternativ können sich an das Ätzen der Kaverne 12' im Schritt 104 entsprechende Schritte zur Herstellung der gewünschten Spiegelneigung anschließen. Eine zweckmäßige Möglichkeit zur Erzeugung einer beliebigen Neigung des Spiegels 15, von zum Beispiel 45 Grad, sieht vor, die

Kaverne 12' zunächst mit einem Konturmateriail 16, in einfache Weise einem Kunststoff, aufzufüllen, Schritt 106, welcher anschließend durch Einprägen einer unter dem gewünschten Winkel geschliffenen Schneide umgeformt wird, Schritt 108. Dabei eventuell in die V-Nut 11' gelangte Kunststoffreste können beispielsweise durch Laserablation selektiv entfernt werden. Eine andere, ebenfalls zweckmäßige Möglichkeit zur Erzeugung eines Spiegels 15 mit beliebiger Spiegelfläche sieht vor, die gewünschte Spiegelkontur beispielsweise in ein Pyrex-Glas zu schleifen, und dieses in die Kaverne 12' einzusetzen, Schritt 108'. Fixiert wird der Glaskörper zweckmäßig durch Direktbonden mit dem Silizium. In einer vorteilhaften Ausbildung wird in den Kunststoff eine Glaskugellinse teilweise eingeprägt und anschließend wieder entfernt, um einen fokussierenden Hohlspiegel zu definieren. Zwar ist eine Spiegelvorbereitung in der vorbeschriebenen Weise durch Hybridmontage aufwendig, jedoch ist der Aufwand einmalig. Durch die spätere Vervielfachung im Abformprozeß läßt er sich kompensieren.

Die vorbereitete Silizium-Masterstruktur wird metallisiert, Schritt 110, anschließend wird durch galvanische Abformung in an sich bekannter Weise ein metallisches Formwerkzeug hergestellt. Als im Hinblick auf die Herstellungskosten vorteilhafte Variante vor allem für die Massenfertigung bietet es sich an, von den metallischen Formwerkzeugen nach Bedarf weitere Kopien herzustellen. Dies kann erfolgen, indem die Galvanikoberfläche passiviert wird und anschließend Galvanik auf Galvanik gewachsen wird. Vom ersten Formeinsatz, der sogenannten Mutter, entsteht hierbei eine Zwischenkopie als erste Generation, hiervon wiederum durch nochmalige Abformung ein Formwerkzeug zweiter Generation. Da von einer Mutter viele Zwischenkopien und von jeder Zwischenkopie viele Formeinsätze der zweiten Generation kostengünstig entformt werden können, ist eine

kosteneffektive Vervielfachung der Formwerkzeuge leicht möglich.

5 Im nächsten Teilprozeß, der Abformung, werden mit Hilfe der Formwerkzeuge keramische Substrate 10' hergestellt, welche Grundlage der Anordnung nach Figur 1 sind. Als Ausgangsmaterial bieten sich dabei gegossene Keramik-Grün-Tapes in Folienform an. Sie bestehen aus Compounds besonders feinkörniger Keramikpulver mit organischen Bindern, ihre 10 Dicken liegen typischerweise im Bereich zwischen 100 und 800 µm. Zweckmäßig erfolgt in einem ersten Schritt 116 des Abformungsteilprozesses eine Vorverdichtung der Keramik-Folien durch Pressen. Durch die Maßnahme wird die Strukturtreue im späteren Sinterprozeß verbessert. Um eine 15 ausreichend glatte Oberfläche des späteren Spiegels 15 sicherzustellen, kann anschließend auf die für den Spiegel 15 vorgesehene Fläche, d.h. die dem Ausgang der V-Nut 11 gegenüberliegende Seitenwand der Kaverne 12', eine glattsinternde Glaspaste lokal aufgedruckt werden, Schritt 20 118. Sodann wird im Schritt 120 das Formwerkzeug auf die in den Schritten 116 bzw. 118 vorbereitete Folie aufgesetzt. Die Folie, und wahlweise auch das Formwerkzeug, wird nun erwärmt, Schritt 122, anschließend wird das Formwerkzeug in die Folie eingeprägt, Schritt 124. Hierauf folgt ein 25 Abkühlen der Folie bei konstantem Nachdruck, Schritt 130 sowie die Entformung. In einem nachfolgenden Sinterprozeß, Schritt 132, werden die geprägten Folien verdichtet.

30 Alternativ zum Prägen in Keramik-Grün-Tapes gemäß den Schritten 116 bis 130 kann die Abformung in vorteilhafter Weise auch durch Guß (Schlickerguß) von flüssigem Keramik-Schlicker auf ein Formwerkzeug, Schritt 117, erfolgen. Der Keramikschlicker wird anschließend getrocknet, Schritt 119, von dem Formwerkzeug entformt, Schritt 121, und wiederum 35 gesintert, Schritt 132. Das Schlickergußverfahren zeichnet

sich durch eine sehr gleichmäßige Materialverdichtung aus. Dadurch kann ungleichmäßiges Schrumpfen im anschließenden Sinterprozeß weitestgehend unterbunden werden.

5 Beim Sintern tritt, abhängig vom Compound, ein isotroper Schrumpf von typischerweise etwa 20% auf. Durch sorgfältige Steuerung des Sinterprozesses im Schritt 132, d.h. insbesondere durch genaue Überwachung der Temperaturen und der Sinterzeit, sowie durch geeignete Abstimmung von  
10 Prägeparametern, Pulverbeschaffenheit sowie Sinterparametern ist aber eine Reproduzierbarkeit der erzeugten Strukturen mit einer Genauigkeit von  $< 1\%$  des Schrumpfes möglich. Der Schrumpf kann dadurch bereits bei der Herstellung der Masterstrukturen im ersten Teilprozeß vorgehalten werden.  
15 Wird beispielsweise für die Breite der V-Nut 11 nach dem Sintern ein Sollmaß von  $w = 241,6 \mu\text{m}$  vorgegeben, muß die vorgehaltene Öffnungsweite der V-Nut 11' vor dem Sintern bei einem 20%-igen linearen Schrumpf den Wert  $w' = 302 \mu\text{m}$  betragen. Figur 4 veranschaulicht den Einfluß des Schrumpfes  
20 beim Sintern anhand des Schrumpfes einer V-Nut. Der Sinterprozeß, Schritt 132, führt daneben leicht zu Verrundungen von Ecken und Kanten, wie in Figur 4 angedeutet. Da jedoch bezüglich der V-Nuten 11 nur die Seitenwände justagebestimmend sind, während die Grabenspitze  
25 der V-Struktur sowie die oberen Kanten nicht justagebestimmend wirken, kann der Problematik der Verrundungen durch ein geeignetes Design der Mikrostrukturen gut entgegengewirkt werden. Dies gilt insbesondere auch für die Spiegelflächen, da für die Funktion der Spiegel 15 als  
30 Umlenkelement ebenfalls nur die geneigte Fläche wesentlich ist, nicht aber die begrenzenden Kanten.

Wesentliche Folge des Schrumpfes ist, wie in Figur 5 dargestellt, eine Höhenverschiebung der optischen Achse der  
35 Lichtleitfaser 20 um einen Betrag  $\Delta h$ . Besonders leicht

lassen sich die Auswirkungen des Schrumpfes beherrschen, wenn, wie in Figur 5 angenommen, ein unter 45 Grad gegen die optische Achse der Lichtleitfaser geneigter Spiegel 15 eingesetzt wird. Dieser reflektiert über die Lichtleitfaser 20 übertragenes Licht stets senkrecht nach oben. Der durch das Licht verursachte Strahlfleck bewegt sich dabei aufgrund des Schrumpfes um einen Betrag  $\Delta x$  in Richtung der optischen Achse der Lichtleitfaser 20, welcher mit der Höhenverschiebung  $\Delta h$  der Lichtleitfaser 20 übereinstimmt.

Eine vorteilhafte Möglichkeit, einen Schrumpf beim Sintern zu vermeiden, ist in Figur 6 veranschaulicht. Auf das geprägte keramische Substrat 10 wird dabei während des Sinterns ein Preßwerkzeug 23 gebracht. Es besteht aus einem feuerfesten Material, beispielsweise aus Siliciumnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) oder Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) und ist an der Auflagefläche zum Keramiksubstrat 10 hin mit einem Trennmittel 17 beschichtet. Letzteres kann auch auf das Keramiksubstrat 10 aufgebracht werden. Die Oberfläche des Preßwerkzeugs 23 entspricht einer genauen Negativabform der geprägten Oberfläche des Keramiksubstrats 10. Mit Hilfe des Preßwerkzeugs 10 wird nun während des Sinterns ein Druck P auf das Keramiksubstrat 10 ausgeübt. Bei ausreichendem Druck P kann ein Schrumpf des Keramiksubstrats 10 nahezu vollständig vermieden werden, die beim Prägen erzeugten Strukturen bleiben maßgetreu erhalten.

Zweckmäßig ist das Preßwerkzeug 23 leicht porös ausgeführt, damit die beim Sinterbrand entstehenden Abgase durch das Preßwerkzeug 23 entweichen können. Ein Trennmittel 17 ist in der Regel erforderlich, um Preßwerkzeug 23 und Keramiksubstrat 10 nach dem Sintern wieder voneinander trennen zu können. Weiterhin kann ein einzelnes Werkzeug sowohl als Formwerkzeug zur Durchführung der Schritte 117 beziehungsweise 124 wie auch als Preßwerkzeug zur Verwendung

in der vorstehend beschriebenen Weise vorgesehen sein.  
Besonders zweckmäßig ist dies, wenn die Abformung durch  
Keramik-Schlickerguß gemäß den Schritten 117 bis 121  
erfolgt. In diesem Fall kann bereits das Formwerkzeug mit  
5 einem Trennmittel 17 beschichtet sein, so daß eine  
Entformung, Schritt 121 vor dem Sintern, Schritt 132  
entfallen kann.

Um Substratstrukturen 11, 12, 13 mit besonders glatten  
10 Oberflächen zu erhalten, dies gilt insbesondere für die für  
den Spiegel 15 vorgesehene Fläche, kann statt einem  
einstufigen Prägen, Schritt 124, auch ein zweistufiges  
Prägen vorgesehen sein. Dabei wird die Folie im Schritt 124  
zunächst mit vermindertem Prägedruck eingepreßt.  
15 Anschließend wird das Formwerkzeug angehoben und ein  
glattsinterndes Material, vorzugsweise ein  
Glaskeramikmaterial, in die erzeugte Struktur eingefüllt,  
Schritt 126. Gegebenenfalls wird das Material vorgetrocknet,  
Schritt 127. Danach erfolgt in einem zweiten Prägeschritt,  
20 Schritt 128 die endgültige Abformung.

An den Abformungs-Teilprozeß schließt sich die  
Spiegelherstellung/Metallisierung an. Ist die für den  
Spiegel 15 vorgesehene Fläche auf dem Keramiksubstrat 10  
25 nach dem Prägen nicht ausreichend glatt, kann im Schritt 134  
eine Spiegelglättung in Form einer selektiven Beschichtung  
der für den Spiegel 15 vorgesehenen Fläche erfolgen, zum  
Beispiel durch Sprühbeschichtung, mit einem Polymerfilm, wie  
etwa Fotolack, Polyimid, oder Benzozyklobutyn. Ein solcher  
30 Polymerfilm glättet die beschichtete Oberfläche direkt, bzw.  
ggf. nach einmaligem Aufschmelzen. Eine weitere Glättung der  
Spiegelfläche kann durch glanzbildende galvanische  
Verstärkung der Metallisierung erreicht werden. Auf das  
fertig vorbereitete Keramiksubstrat 10 werden anschließend  
35 die elektrische Verdrahtung, welche in der Regel eine



Hochfrequenz-Verdrahtung in Form von koplanar angelegten Streifenleitern beinhaltet, sowie die Kontaktflächen 29 (Kontaktpads) zum Anschluß für die elektrischen Bauelemente 22, 24 aufgebracht. Gleichzeitig, in einem gemeinsamen Maskenschritt erfolgt zweckmäßig die Metallisierung der Spiegelfläche. Die Maske wird dabei an den mitgeprägten Justiermarken 18 ausgerichtet, lateraler Schrumpf somit automatisch bei der Lage der Elektroden berücksichtigt.

Das metallisierte Keramiksubstrat 10 wird abschließend bestückt, Schritt 140. Zuerst wird in Flip-Chip-Technik, d.h. mit den Kontaktpads und dem Detektionsfenster 28 nach unten, der Sender/Empfängerchip 22 auf die vorbereiteten Kontaktflächen 29 aufgesetzt und mit dem Substrat verbunden (gebonded). Über die aufschmelzenden Lotkugeln auf den Kontaktpads 29 ist hierbei in an sich bekannter Weise eine Selbstzentrierung möglich. Alternativ kann eine aktive Justage des Sender/Empfänger-Chips mit einer optischen Positioniervorrichtung erfolgen. Auch kann eine Empfangsdiode mit der Detektionszone nach oben über dem Spiegel 15 montiert werden, wenn das Wafermaterial für die zu empfangende Lichtwellenlänge transparent ist. In gleicher Weise wird der Vorverstärkertip 24 aufgebracht. Danach wird die Lichtleitfaser 20 in die faserführende V-Nut 11 gelegt, unter den Chip 22 bis an den Spiegel 15 herangeschoben und fixiert.

Üblicherweise erfolgt die Signalübertragung über die beschriebene Wandleranordnung mit einer Übertragungsrate von 5 bis 11 Gigabit/Sekunde. Im Falle eines hochfrequenztauglichen Empfangs-Chips 22 darf die aktive Fläche der Diode 28 deshalb einen Durchmesser von etwa 50  $\mu\text{m}$  nicht überschreiten, um die Diodenkapazitäten klein halten zu können. Andererseits ist die Strahlaufweitung des aus einer (Monomode)-Glasfaser austretenden Lichtes durch die

Austrittsapertur der Faser gegeben. Beträgt diese beispielsweise  $N_A = 0,2$  bei einem Abstand zwischen Austrittsöffnung 27 der Lichtleitfaser und der Diode 28 von ca.  $130\ \mu\text{m}$  und bei Verwendung eines 45-Grad-Spiegels 15, ergibt sich ein Strahlfleckdurchmesser von etwa  $30\ \mu\text{m}$ . Er liegt somit innerhalb der aktiven Fläche der Diode 28. Alles übertragene Licht wird deshalb sicher empfangen.

Zur weiteren Verbesserung der Empfangssicherheit, und um größere Montagetoleranzen zulassen zu können, ist eine weitere Verkleinerung des Strahlflecks auf der Diode zweckmäßig. Ein kleinerer Strahlfleck wird durch Einfüllen eines Mediums mit größerem Brechungsindex in die Kaverne 12 erreicht, Schritt 140. Beispielsweise läßt sich der Strahlfleck durch Einbringen eines optischen Epoxidklebers mit einem Brechungsindex von typischerweise  $n \sim 1.5$  auf etwa  $20\ \mu\text{m}$  verkleinern. Auf diese Weise ist ein hochbitratiges Empfangsmodul ohne weitere Strahlfocussierung möglich.

Eine Verkleinerung des Strahlfeckes und damit eine Verbesserung der Übertragungseigenschaften ist desweiteren auch durch Strahlfocussierung möglich. Der Spiegel 15 kann hierfür beispielsweise als Hohlspiegel ausgebildet sein.

Figur 7 zeigt als Beispiel für eine strahlfokussierende Spiegelausbildung eine Wandleranordnung mit einem Ellipsoidspiegel 15. Er ist so angeordnet, daß ein Brennpunkt  $F_1$  in der Mitte der Austrittsöffnung 27 der Lichtleitfaser 20 liegt, der andere  $F_2$  oberhalb des Sender/Empfängerelements 22. Der Lichtstrahl wird dadurch zum Sender/Empfängerelement 22 hin konvergent, wodurch das an diesem befindliche Detektionsfenster 28 erheblich leichter positionierbar ist. Die in Figur 7 wiedergegebene Spiegelgeometrie kann vorteilhaft durch ein Schlickergußverfahren erhalten werden, wobei während des

Sinterns, Schritt 132, von der in Figur 6 angedeuteten  
Maßnahme Gebrauch gemacht und ein Druck auf die  
Spiegelstruktur 15 ausgeübt wird. Die Verspiegelung erfolgt  
dabei zweckmäßig mit einer tampongedruckten Platin-  
5 Resinatpaste, die beim Sintern unter Druck einen  
Platinspiegel liefert.

Unter Beibehaltung der zugrundeliegenden Konzepte ist eine  
Vielzahl von Ausgestaltungen der zuvor beschriebenen  
10 Anordnung bzw. des Verfahrens möglich. So ist das  
Herstellungsverfahren nicht auf eine Keramik-Prägetechnik  
beschränkt. Es ist vielmehr analog erweiterbar auf andere  
formbare Materialien, wie etwa thermoplastische  
Kunststoffe, Reaktionsgießharze, Schlickerguß, spritzfähige  
15 Keramikcompounds oder organisch modifizierte Keramiken.  
Grundsätzlich ist das Verfahren auch nicht auf die  
Herstellung von elektro-optischen Wandleranordnungen  
eingeschränkt, sondern gestattet ebenso beispielsweise die  
Hestellung von mikrooptischen Bänken. Hierbei werden neben  
20 Faserführungen in Form von V-Nuten vor allem auch  
Halterungen für andere mikrooptische Bauelemente, wie etwa  
optische Isolatoren, Mikrolinsen, Filterpättchen u.ä.  
geprägt.

5

## 10      Ansprüche

- 15      1. Verfahren zur Herstellung einer Anordnung zur Umsetzung von optischen in elektrische Signale, welche ein Substrat mit Strukturen zur Führung einer Lichtleitfaser sowie zum Umlenken von über die Lichtleitfaser übertragenem Licht aufweist, wobei die Strukturen (11, 12, 13) auf dem Substrat (10) durch Herstellen einer Abform von der Kontur eines Formwerkzeuges erzeugt werden, dadurch gekennzeichnet, daß für das Substrat (10) ein keramisches Grundmaterial verwendet wird, und die
- 20      Abformung durch Prägen oder Gießen des keramischen Grundmaterials erfolgt.
- 25      2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abformung durch Guß von Keramik-Schlicker auf das Formwerkzeug erfolgt.
- 30      3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abformung durch Spritzprägen, Spritzgießen oder Reaktionsgießen erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Ausgangsmaterial für das Substrat (10) eine auf keramischem Grundmaterial basierende Folie verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Keramiksubstrat (10) nach dem Prägen oder Gießen gesintert wird (132).

5 6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Folie eine aus Compounds aus feinkörnigem Keramikpulver mit organischen Bindern aufgebautes Grüntape ist.

10 7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Erzeugen der Strukturen auf einer Substratfolie folgende Schritte aufweist:

a) Aufsetzen eines Formwerkzeuges auf die Folie

b) Erwärmen der Folie

c) Einprägen des Formwerkzeuges in die Folie

15 d) Abkühlen der Folie.

8. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Substratfolie vor dem Einprägen des Formwerkzeuges flächig vorverdichtet wird (116).

20

9. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (10) beim Sintern mit Hilfe eines Preßwerkzeuges (23) unter Druck gesetzt wird.

25 10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Preßwerkzeug (23) und Substrat (10) ein Trennmittel (17) eingebracht wird.

30 11. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Preßwerkzeug (23) aus einem porösen Material besteht.

12. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß als Preßwerkzeug (23) das zum Herstellen der Strukturen (11, 12, 13) auf dem Substrat (10) verwendete Formwerkzeug eingesetzt wird.

5

13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf das Substrat (10) vor dem Prägen eine glattsinternde Glaspaste aufgebracht wird (126).

10

14. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zuerst ein erster Prägeschritt (124) mit vermindertem Prägedruck durchgeführt, auf die daraus erhaltene Mikrostruktur sodann ein glattsinterndes Material aufgebracht (126), und anschließend ein zweiter Prägeschritt (128) zur Herstellung der endgültigen Struktur durchgeführt wird.

15

15. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Struktur nach dem Aufbringen des glattsinternden Materials vorgetrocknet wird.

20

16. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in einem gemeinsamen Maskenschritt (136) Leiterbahnen (26) und Kontaktflächen (29) auf das Substrat (10) aufgebracht werden und die Metallisierung des Spiegels (15) erfolgt.

25

17. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die für den Spiegel (15) vorgesehene Fläche vor der Metallisierung geglättet wird.

30

18. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die für den Spiegel (15) vorgesehene Fläche nach einer

metallischen Grundmetallisierung durch planarisierende beziehungsweise glanzbildende Galvanik verstärkt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß  
5 der Lichtweg zwischen Austrittsöffnung (27) der Lichtleitfaser (20) und Eingang (28) der Wandlereinrichtung (22) mit einem Material aufgefüllt wird, dessen Brechungsindex größer ist als 1.

10 20. Anordnung zur Umsetzung von optischen in elektrische Signale mit einem Substrat, welches auf seiner Oberseite Strukturen zur Führung einer Lichtleitfaser sowie Mittel zum Umlenken von über eine Lichtleitfaser übertragenem Licht auf  
15 eine auf dem Substrat angeordnete Wandlereinrichtung zur Umwandlung optischer in elektrische Signale aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (10) auf einem elektrisch isolierenden, keramischen Grundmaterial aufbaut.

20 21. Anordnung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Oberseite (19) des Substrates (10) weiterhin Leiterbahnen (26, 26') zur Übertragung der elektrischen Signale des Wandlerelementes (22) angeordnet sind.

22. Anordnung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß  
25 die Mittel zum Umlenken von über die Lichtleitfaser übertragenem Licht ein Spiegel (15) mit frei vorgegebbarer Kontur sind.

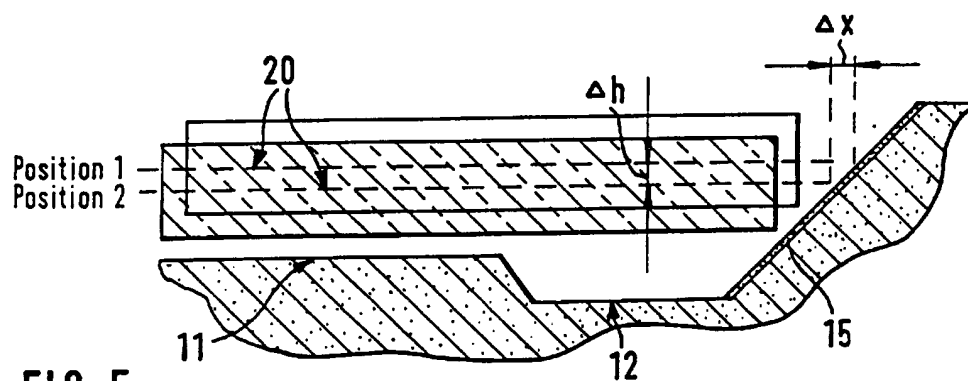
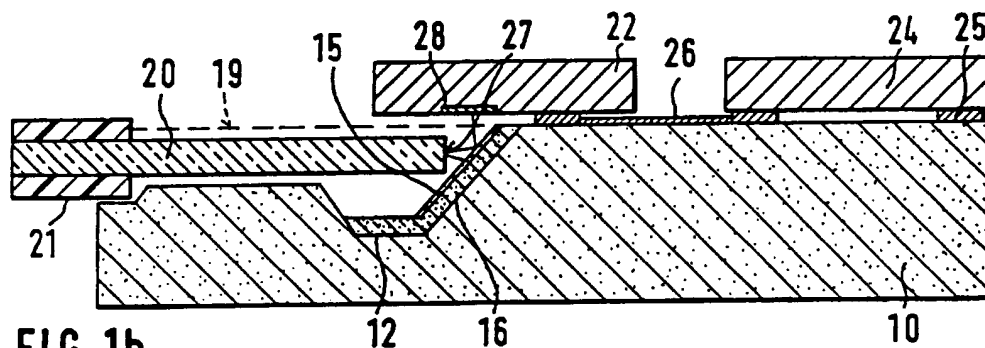
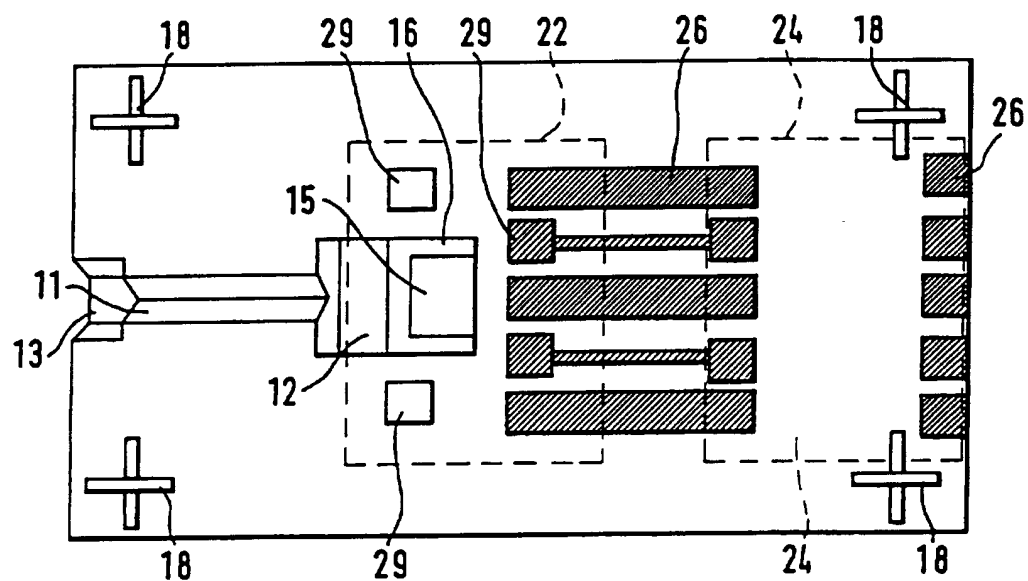
23. Anordnung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß  
30 zwischen Austrittsöffnung der Lichtleitfaser (27) und Eingang (28) der Wandlereinrichtung (22) ein Material mit einer gegenüber Luft größeren Brechungsindex angeordnet ist.

24. Anordnung nach den vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle der Empfangsdiode eine oberflächenemittierende Laserdiode eingesetzt wird, deren Licht über das Umlenkelement in eine Lichtleitfaser eingekoppelt wird.
- 5



1/5

FIG. 1a



2/5

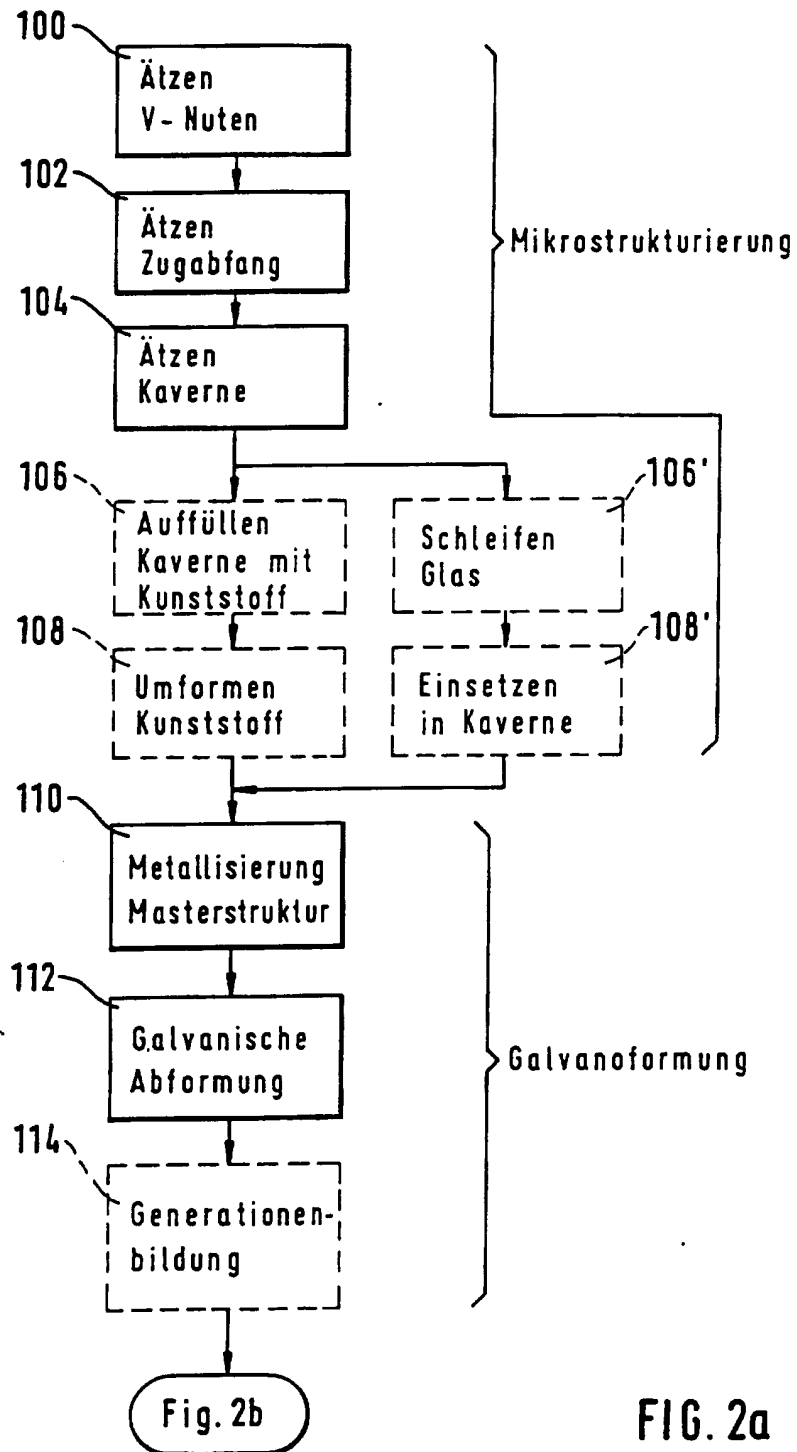
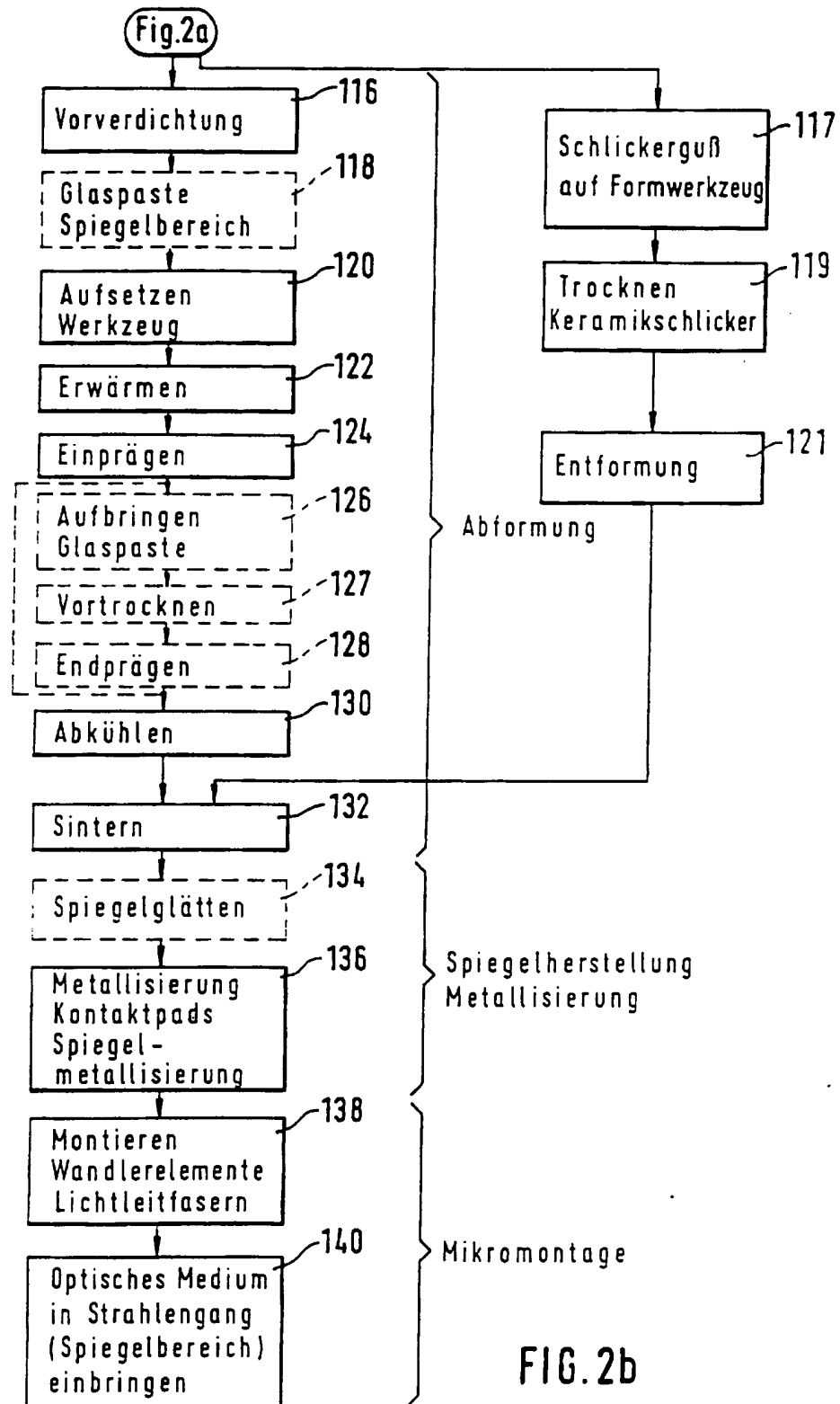


FIG. 2a



4/5

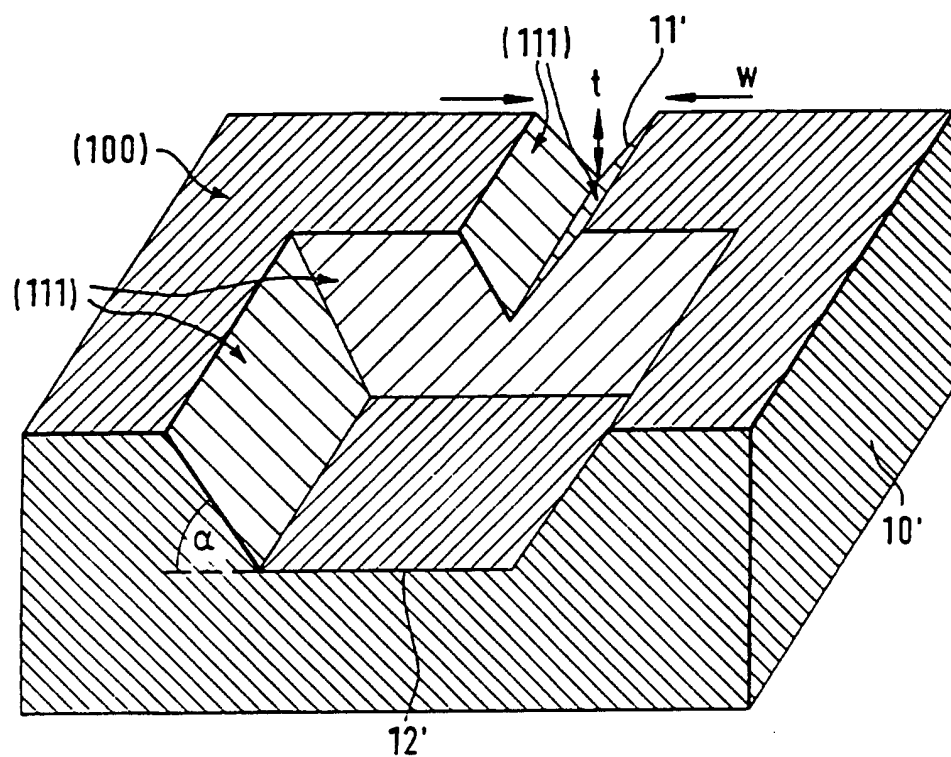


FIG. 3

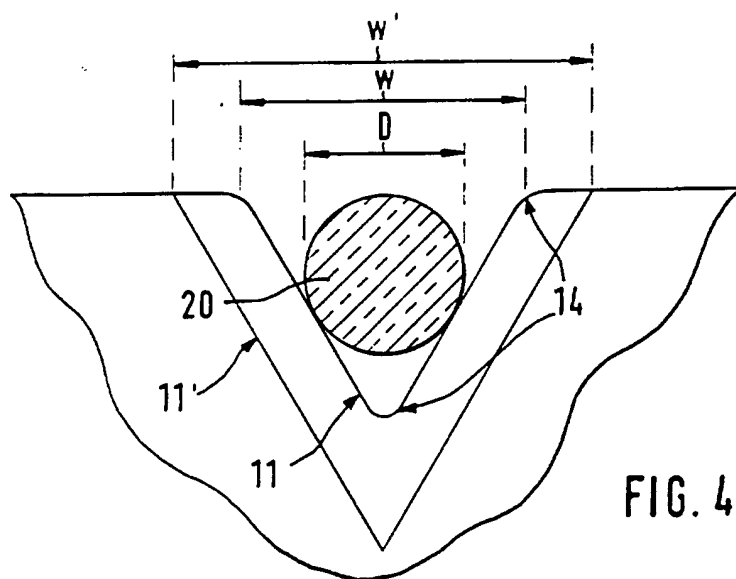


FIG. 4

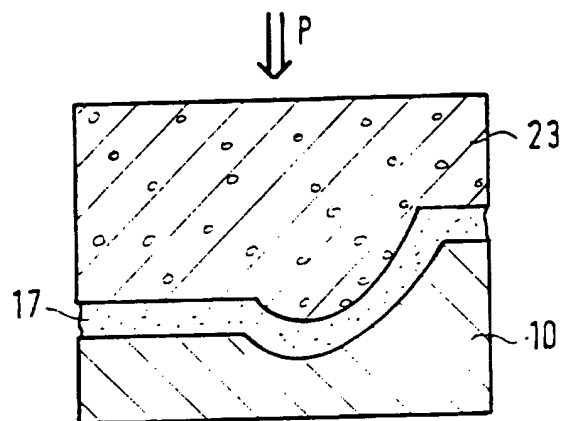


FIG. 6

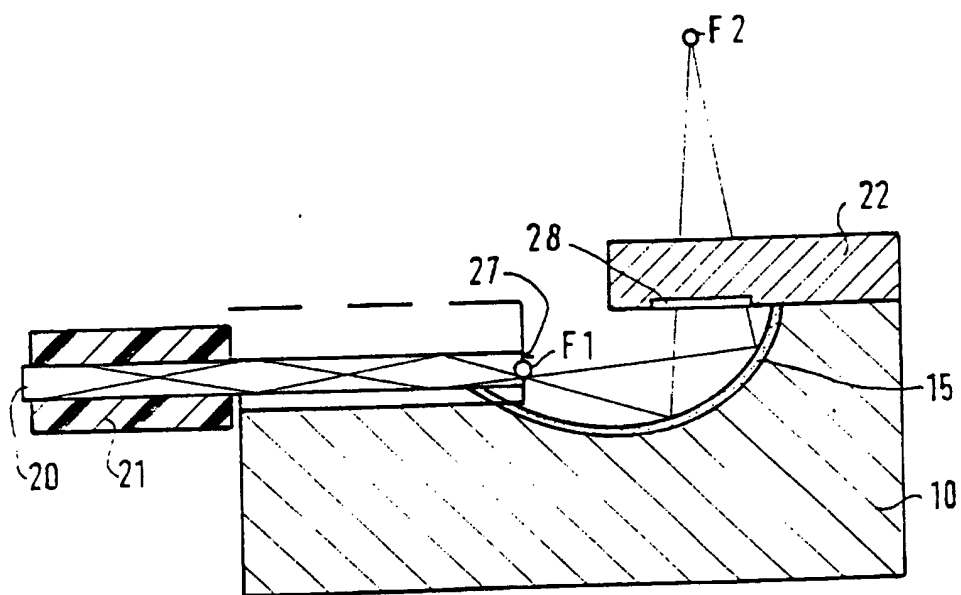


FIG. 7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/DE 96/00026

|   |  |                       |
|---|--|-----------------------|
| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>IPC 6 B28B1/00 G02B6/42 G02B6/36 B28B11/08 B29D11/00<br>G03F7/00  |  |                       |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC   |  |                       |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>IPC 6 G02B B28B B29D G03F   |  |                       |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched   |  |                       |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  |  |                       |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>   |  |                       |
| Category *  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
| A   | EP,A,0 611 975 (AT & T CORP) 24 August 1994<br>see column 3, line 56 - line 58<br>see column 4 - column 6<br>see column 7, line 1 - line 57<br>see figures 1-11<br>---                   | 1,16,20,<br>21        |
| A   | ---<br>BOSCH TECHNISCHE BERICHTE,<br>no. 56, 1 December 1994,<br>pages 11-26, XP000500603<br>MULLER-FIEDLER R ET AL:<br>"OPTOELEKTRONISCHE MIKROSYSTEME"<br>see page 19 - page 22<br>--- | 1,3,20,<br>21         |
| A   | ---<br>US,A,4 169 001 (KAISER HAROLD D) 25 September 1979<br>see the whole document<br>---<br>-/--   | 1,6,20,<br>21         |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.</span> <span><input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.</span> </div>   |  |                       |
| <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> </div> </div> |  |                       |
| Date of the actual completion of the international search<br><br><div style="text-align: center; font-weight: bold;">7 May 1996</div>   | Date of mailing of the international search report<br><br><div style="text-align: center; font-weight: bold;">22.05.96</div>   |                       |
| Name and mailing address of the ISA<br>European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,<br>Fax: (+ 31-70) 340-3016  | Authorized officer<br><br><div style="text-align: center; font-weight: bold;">Mathyssek, K</div>   |                       |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 96/00026

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| A          | US,A,4 546 065 (AMENDOLA ALBERT ET AL) 8<br>October 1985<br>see column 1 - column 7<br>see column 8, line 1 - line 7<br>see figures<br>---                        | 1,3-6                 |
| A          | DE,A,35 43 558 (LICENTIA GMBH) 11 June<br>1987<br>see the whole document<br>---   | 1,20-22               |
| A          | GB,A,2 162 335 (MAGNETIC CONTROLS CO) 29<br>January 1986<br>see page 1, line 5 - line 130<br>see page 2, line 1 - line 65<br>see figures<br>---                   | 1,3,20,<br>22         |
| A          | DE,A,41 06 721 (ANT NACHRICHTENTECH) 10<br>September 1992<br>cited in the application<br>see the whole document<br>---  | 1,20-22               |
| A          | DE,A,43 17 953 (SIEMENS AG ;IMEC INTER UNI<br>MICRO ELECTR (BE)) 1 December 1994<br>cited in the application<br>see the whole document<br>---                     | 1,3,12,<br>20         |
| A          | DE,C,43 00 652 (BOSCH GMBH ROBERT) 31<br>March 1994<br>cited in the application<br>see the whole document<br>---  | 1,3,20                |
| A          | WO,A,93 21550 (BOSCH GMBH ROBERT ;MAYER<br>KLAUS MICHAEL (DE)) 28 October 1993<br>cited in the application<br>see claims; figures<br>see page 2 - page 6<br>----- | 1,3,20                |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 96/00026

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| EP-A-0611975                              | 24-08-94            | US-A- 4897711              | 30-01-90            |
|   |                     | CA-A- 1311042              | 01-12-92            |
|   |                     | DE-D- 68918729             | 17-11-94            |
|   |                     | DE-T- 68918729             | 16-02-95            |
|   |                     | EP-A- 0331331              | 06-09-89            |
|   |                     | ES-T- 2060751              | 01-12-94            |
|   |                     | HK-A- 188795               | 22-12-95            |
|   |                     | JP-A- 2009183              | 12-01-90            |
|   |                     | JP-B- 7066985              | 19-07-95            |
|   |                     | US-A- 4945400              | 31-07-90            |
| US-A-4169001                              | 25-09-79            | US-A- 4070516              | 24-01-78            |
|   |                     | DE-A- 2745582              | 20-04-78            |
|   |                     | FR-A,B 2367714             | 12-05-78            |
|   |                     | GB-A- 1529294              | 18-10-78            |
|   |                     | JP-C- 1151052              | 14-06-83            |
|   |                     | JP-A- 53050464             | 08-05-78            |
|   |                     | JP-B- 57039403             | 21-08-82            |
| US-A-4546065                              | 08-10-85            | DE-A- 3485129              | 07-11-91            |
|   |                     | EP-A,B 0133917             | 13-03-85            |
|   |                     | JP-B- 1004359              | 25-01-89            |
|   |                     | JP-C- 1523573              | 12-10-89            |
|   |                     | JP-A- 60045097             | 11-03-85            |
| DE-A-3543558                              | 11-06-87            | NONE                       |                     |
| GB-A-2162335                              | 29-01-86            | NONE                       |                     |
| DE-A-4106721                              | 10-09-92            | NONE                       |                     |
| DE-A-4317953                              | 01-12-94            | WO-A- 9428449              | 08-12-94            |
| DE-C-4300652                              | 31-03-94            | WO-A- 9416348              | 21-07-94            |
|   |                     | EP-A- 0630486              | 28-12-94            |
|   |                     | JP-T- 7504770              | 25-05-95            |
|   |                     | US-A- 5475775              | 12-12-95            |
| WO-A-9321550                              | 28-10-93            | DE-A- 4212208              | 14-10-93            |
|   |                     | EP-A- 0635139              | 25-01-95            |



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/DE 96/00026

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| WO-A-9321550                              |                     | JP-T- 8500448              | 16-01-96            |
| -----                                     |                     |                            |                     |

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationaler Aktenzeichen

PCT/DE 96/00026

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 IPK 6 B28B1/00 G02B6/42 G02B6/36 B28B11/08 B29D11/00  
 G03F7/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G02B B28B B29D G03F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A          | EP,A,0 611 975 (AT & T CORP) 24.August 1994<br>siehe Spalte 3, Zeile 56 - Zeile 58<br>siehe Spalte 4 - Spalte 6<br>siehe Spalte 7, Zeile 1 - Zeile 57<br>siehe Abbildungen 1-11<br>--- | 1,16,20,<br>21     |
| A          | BOSCH TECHNISCHE BERICHTE,<br>Nr. 56, 1.Dezember 1994,<br>Seiten 11-26, XP000500603<br>MULLER-FIEDLER R ET AL:<br>"OPTOELEKTRONISCHE MIKROSYSTEME"<br>siehe Seite 19 - Seite 22<br>--- | 1,3,20,<br>21      |
| A          | US,A,4 169 001 (KAISER HAROLD D)<br>25.September 1979<br>siehe das ganze Dokument<br>---   | 1,6,20,<br>21      |

-/--

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\* "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\* "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\* "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\* "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\* "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\* "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\* "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\* "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\* "Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7.Mai 1996

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

22.05.96

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mathyssek, K

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A          | US,A,4 546 065 (AMENDOLA ALBERT ET AL)<br>8.Oktober 1985<br>siehe Spalte 1 - Spalte 7<br>siehe Spalte 8, Zeile 1 - Zeile 7<br>siehe Abbildungen<br>---                         | 1,3-6              |
| A          | DE,A,35 43 558 (LICENTIA GMBH) 11.Juni<br>1987<br>siehe das ganze Dokument<br>---  | 1,20-22            |
| A          | GB,A,2 162 335 (MAGNETIC CONTROLS CO)<br>29.Januar 1986<br>siehe Seite 1, Zeile 5 - Zeile 130<br>siehe Seite 2, Zeile 1 - Zeile 65<br>siehe Abbildungen<br>---                 | 1,3,20,<br>22      |
| A          | DE,A,41 06 721 (ANT NACHRICHTENTECH)<br>10.September 1992<br>in der Anmeldung erwähnt<br>siehe das ganze Dokument<br>---   | 1,20-22            |
| A          | DE,A,43 17 953 (SIEMENS AG ;IMEC INTER UNI<br>MICRO ELECTR (BE)) 1.Dezember 1994<br>in der Anmeldung erwähnt<br>siehe das ganze Dokument<br>---                                | 1,3,12,<br>20      |
| A          | DE,C,43 00 652 (BOSCH GMBH ROBERT) 31.März<br>1994<br>in der Anmeldung erwähnt<br>siehe das ganze Dokument<br>---  | 1,3,20             |
| A          | WO,A,93 21550 (BOSCH GMBH ROBERT ;MAYER<br>KLAUS MICHAEL (DE)) 28.Oktober 1993<br>in der Anmeldung erwähnt<br>siehe Ansprüche; Abbildungen<br>siehe Seite 2 - Seite 6<br>----- | 1,3,20             |

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

|                              |
|------------------------------|
| Internationaler Aktenzeichen |
| PCT/DE 96/00026              |

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| EP-A-0611975                                       | 24-08-94                      | US-A- 4897711                     | 30-01-90                      |
|  |                               | CA-A- 1311042                     | 01-12-92                      |
|  |                               | DE-D- 68918729                    | 17-11-94                      |
|  |                               | DE-T- 68918729                    | 16-02-95                      |
|  |                               | EP-A- 0331331                     | 06-09-89                      |
|  |                               | ES-T- 2060751                     | 01-12-94                      |
|  |                               | HK-A- 188795                      | 22-12-95                      |
|  |                               | JP-A- 2009183                     | 12-01-90                      |
|  |                               | JP-B- 7066985                     | 19-07-95                      |
|  |                               | US-A- 4945400                     | 31-07-90                      |
| -----  |                               |                                   |                               |
| US-A-4169001                                       | 25-09-79                      | US-A- 4070516                     | 24-01-78                      |
|  |                               | DE-A- 2745582                     | 20-04-78                      |
|  |                               | FR-A,B 2367714                    | 12-05-78                      |
|  |                               | GB-A- 1529294                     | 18-10-78                      |
|  |                               | JP-C- 1151052                     | 14-06-83                      |
|  |                               | JP-A- 53050464                    | 08-05-78                      |
|  |                               | JP-B- 57039403                    | 21-08-82                      |
| -----  |                               |                                   |                               |
| US-A-4546065                                       | 08-10-85                      | DE-A- 3485129                     | 07-11-91                      |
|  |                               | EP-A,B 0133917                    | 13-03-85                      |
|  |                               | JP-B- 1004359                     | 25-01-89                      |
|  |                               | JP-C- 1523573                     | 12-10-89                      |
|  |                               | JP-A- 60045097                    | 11-03-85                      |
| -----  |                               |                                   |                               |
| DE-A-3543558                                       | 11-06-87                      | KEINE                             |                               |
| -----  |                               |                                   |                               |
| GB-A-2162335                                       | 29-01-86                      | KEINE                             |                               |
| -----  |                               |                                   |                               |
| DE-A-4106721                                       | 10-09-92                      | KEINE                             |                               |
| -----  |                               |                                   |                               |
| DE-A-4317953                                       | 01-12-94                      | WO-A- 9428449                     | 08-12-94                      |
| -----  |                               |                                   |                               |
| DE-C-4300652                                       | 31-03-94                      | WO-A- 9416348                     | 21-07-94                      |
|  |                               | EP-A- 0630486                     | 28-12-94                      |
|  |                               | JP-T- 7504770                     | 25-05-95                      |
|  |                               | US-A- 5475775                     | 12-12-95                      |
| -----  |                               |                                   |                               |
| WO-A-9321550                                       | 28-10-93                      | DE-A- 4212208                     | 14-10-93                      |
|  |                               | EP-A- 0635139                     | 25-01-95                      |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

International Aktenzeichen  
PCT/DE 96/00026

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| WO-A-9321550                                       |                               | JP-T- 8500448                     | 16-01-96                      |
| -----  |                               |                                   |                               |